

Н.Г. Иванов, В.Ф. Лосев, В.Е. Прокопьев

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВЫСОКОКОГЕРЕНТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ХеСІ-ЛАЗЕРА ПРИ ВКР В ГАЗООБРАЗНОМ ВОДОРОДЕ

Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск

Поступила в редакцию 02.09.99 г.

Представлены результаты экспериментального исследования процесса преобразования высококогерентного излучения ХеСІ-лазера в сжатом водороде. При циркулярно-поляризованном излучении накачки получено около 70 колебательно-вращательных компонент. При условии захвата фаз в процессе четырехволнового параметрического взаимодействия осевые колебательные компоненты обладают высокой пространственной и временной когерентностью. В условиях чисто комбинационного преобразования квантовая эффективность для первого колебательного стока составила 95%.

1. Введение

Расширение спектральной области существования когерентного излучения всегда являлось актуальной задачей. В последнее время во многих работах она решается путем нелинейного преобразования одно- или двухчастотного излучения в водороде [1–5]. Данная нелинейная среда выгодно отличается от других тем, что при ВКР на колебательно-вращательных переходах водорода спектр преобразованного излучения может быть чрезвычайно богатым. Когерентность преобразованного излучения при этом также должна быть высокой. С одной стороны, водород как газ является оптически однородной средой и поэтому при высоконаправленном излучении накачки можно ожидать высокую пространственную когерентность преобразованного излучения. С другой стороны, при использовании малых (2–5 атм) давлений водорода возможно получение и высокой временной когерентности за счет столкновительного сужения линии спонтанного комбинационного рассеяния (эффект Дике).

Преобразование излучения в процессе ВКР, как правило, всегда сопровождается конкуренцией между различными нелинейными явлениями. Для водорода наиболее значимым среди них является четырехволновое параметрическое взаимодействие (ЧПВ). Как показано в работах [1, 6], роль ЧПВ возрастает с уменьшением величины нормированной волновой расстройки $\gamma = \Delta k/g I_H$ (I_H – интенсивность накачки, g – коэффициент усиления ВКР, Δk – рассогласование волновых векторов под действием линейной дисперсии). Тем не менее согласно расчетам, проведенным в работе [7], при плоской волне накачки в режиме каскадного усиления стоковой «затравки» возможна 100%-я квантовая эффективность преобразования в ту или иную колебательную компоненту ВКР. Для устранения влияния параметрических процессов, стремящихся перераспределить энергию между взаимодействующими волнами, авторы рекомендуют работать при интенсивности накачки не выше 50 МВт/см² и давлении водорода не ниже 10 атм. На практике [8–12] для накачки используют сфокусированные пучки, кроме того, их расходимость значительно превышает дифракционный предел. В этом случае избежать влияния параметрических процессов невозможно независимо от давления водорода. Неоднородный волновой фронт и, как следствие, неоднородное пространствен-

ное распределение интенсивности в фокальной перетяжке приводят к тому, что в области нелинейного взаимодействия выполнимо условие как линейного, так и нелинейного синхронизма [1]. Последнее обусловлено тем, что параметр γ близок к нулю для многих микрообластей. Следовательно, уменьшить влияние параметрических процессов возможно лишь с уменьшением расходимости накачки и одновременным увеличением длины фокусировки.

Как было показано в работе [1], при комбинационно-параметрическом преобразовании спектральный диапазон $\Delta\omega$, в котором находятся смещенные частоты, в случае бигармонической накачки, может быть сравним с частотой накачивающего излучения ($\Delta\omega \sim \omega_0$). Авторы данной работы, кроме того, аналитически и экспериментально показали, что число спектральных компонент растет с ростом интенсивности «затравочного» стокового сигнала, однако отношение его интенсивности к интенсивности накачки на практике остается небольшим (1/50–1/30). Данное обстоятельство позволяет надеяться на то, что при использовании большой длины преобразования и достаточно высокой интенсивности одночастотной накачки возможно в одной кювете реализовать режим, близкий к бигармоническому возбуждению.

В данной статье рассмотрены возможности расширения спектра преобразования высококогерентного УФ-излучения при одночастотной накачке водорода в зависимости от геометрии фокусировки излучения, состояния его поляризации.

2. Экспериментальная установка

В качестве источника УФ-излучения нами использовались две лазерные системы, работающие на молекуле ХеСІ*. Первая из них, подробно описанная в [13], представляла собой совокупность двух электроразрядных лазеров: задающего генератора (ЗГ) и управляемого лазера, работающего в режиме инжекционной синхронизации. При этом выходное излучение имело следующие параметры: энергия $E \leq 110$ мДж, длительность импульса на полувысоте $\tau = 120$ нс, ширина линии $\Delta\nu = 0,01$ см⁻¹ (режим II). Без использования ЗГ при неизменных остальных параметрах излучения ширина линии возрастала до 100 см⁻¹. Вторая система включала в себя тот же ЗГ и второй лазер, который мог работать либо в режиме инжекционной синхронизации (режим I), либо как трехпроходной усилитель (режим III). Выходной лазерный пучок из данной системы

в обоих случаях имел длительность импульса 20 нс, энергию – 55 мДж. В зависимости от наличия или отсутствия в резонаторе ЗГ эталона Фабри–Перо ширина спектра в данном случае могла изменяться от 0,01 до 0,1 см^{-1} соответственно. Излучение в I и II режимах было деполаризованным, в III режиме оно имело линейную либо круговую поляризацию. Угловые распределения излучения для разных режимов лазерных систем представлены на рис. 1. Угол $\Theta_d = 2,44 \lambda/D$ (λ – длина волны излучения; D – диаметр лазерного пучка) соответствует размеру первого минимума в диаграмме направленности излучения, имеющего однородное распределение интенсивности в ближней зоне. Фокусировка излучения в кювету с водородом осуществлялась одной либо двумя линзами с фокусными расстояниями $f = 55$ и -20 см. Кювета представляла собой трубу из нержавеющей стали длиной 3 м, давление водорода в ней могло меняться в пределах от 0 до 50 атм. Регистрирующая аппаратура включала в себя измеритель лазерной энергии ИМО-2Н, осциллограф БЮР-4, фотодиоды ФЭК-22СПУ, интерферометр Фабри–Перо ИТ-28-30, спектрограф СТЭ-1, микрофотометр ИФО-451. Точность измерения временных характеристик составляла 1 нс, положения спектральных линий 1 см^{-1} , ширины линий 0,01 см^{-1} .

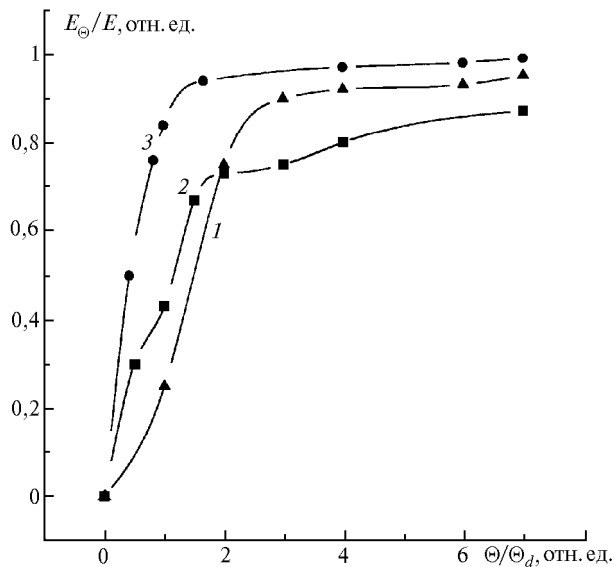


Рис. 1. Угловое распределение излучения накачки для разных режимов работы лазерных систем: 1 – I режим инжекционной синхронизации: $E_H = 35$ мДж, $\tau = 20$ нс, $\Delta\nu = 0,1 \text{ см}^{-1}$, размер пучка $A - 1,5 \times 3,2$ см; 2 – II режим инжекционной синхронизации: $E_H = 30$ мДж, $\tau = 120$ нс, $\Delta\nu = 0,01; 0,1; 100 \text{ см}^{-1}$, $A-D = 1,2$ см; 3 – III режим трехпроходного усиления, $E_H = 25$ мДж, $\tau = 20$ нс, $\Delta\nu = 0,01; 0,1 \text{ см}^{-1}$, $A - 1,0 \times 0,8$ см

3. Экспериментальные результаты

3.1. Эффективность преобразования

Зависимость эффективности преобразования от давления водорода, геометрии фокусировки более подробно исследовалась для ВКР на колебательных переходах при I режиме накачки. На рис. 2, а приведена квантовая эффективность преобразования в различные стоксовы компоненты при длине фокусировки $f = 7$ м. Отдельными точками даны значения эффективности, полученные во II режиме накачки. Эффективность преобразования определялась через отношение энергии в той или иной компоненте к энер-

гии накачки, прошедшей весь оптический тракт без кюветы с водородом. Каждая точка на графиках бралась как среднестатистическое значение из 10 измерений.

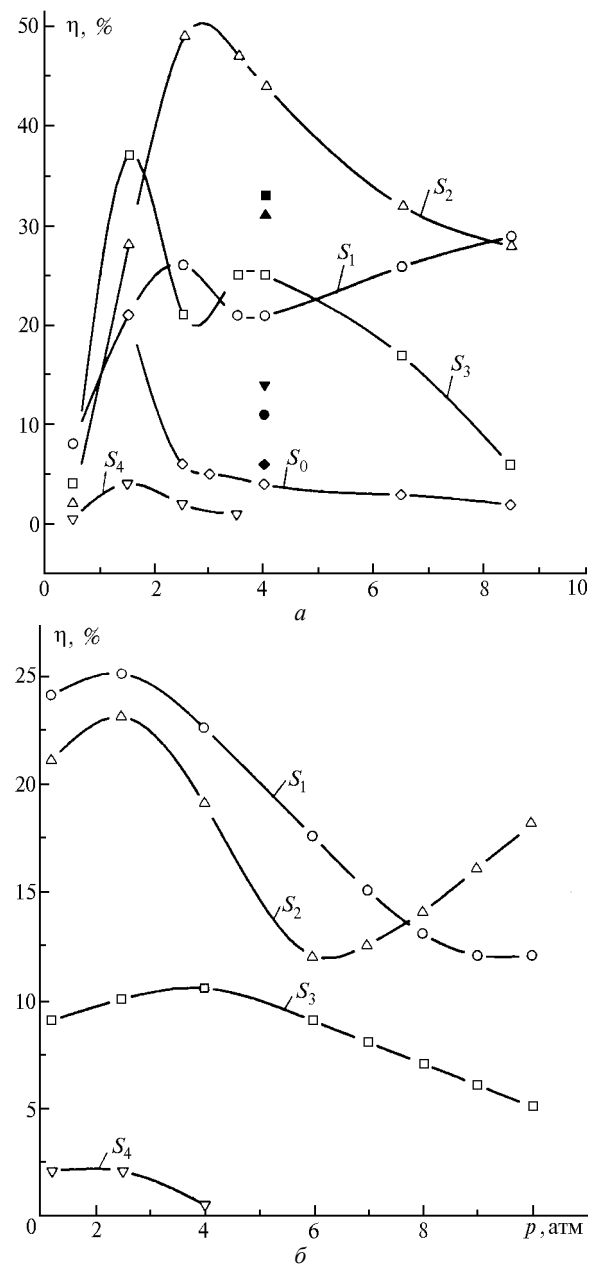


Рис. 2. Квантовая эффективность преобразования в колебательные компоненты в зависимости от давления водорода при сфокусированной (а) и коллимированной (б) накачке; S_0, S_1, S_2, S_3, S_4 – излучение прошедшей накачки, первого, второго, третьего и четвертого стока соответственно

Согласно теоретической работе [7] для устранения влияния параметрических процессов при осуществлении каскадного ВКР желательно иметь волновой фронт накачки, близкий к плоскому. Результаты попытки реализовать это на практике, в нашем случае, представлены на рис. 2, б. Усредненная интенсивность коллимированного пучка накачки I_H при этом составляла $\cong 60 \text{ МВт/см}^2$.

Как следует из представленных зависимостей, эффективность преобразования в высшие стоксовы компоненты

уменьшается с ростом давления, начиная с 3–4 атм. Одновременно уменьшается и доля энергии накачки, прошедшей кювету. Одним из вероятных каналов потерь энергии при этом может быть вынужденное рэлеевское рассеяние [14], распространяющееся в большие углы. С уменьшением расходимости накачки, как видно из рис. 2, *a*, эффективность преобразования в высшие стоки возрастает. Сравнение зависимостей на рис. 2, *a*, *b* показывает, что при накачке коллимированным пучком эффективность для каждой стоксовой компоненты меньше. Полный квантовый КПД при этом уменьшается примерно с 93 до 60%.

3.2. Спектральные характеристики

Спектр преобразованного излучения в наших условиях зависел в первую очередь от интенсивности излучения накачки, состояния его поляризации. В ходе экспериментов интенсивность накачки менялась за счет изменения длины фокусировки (от 3 до 30 м) и длительности импульса.

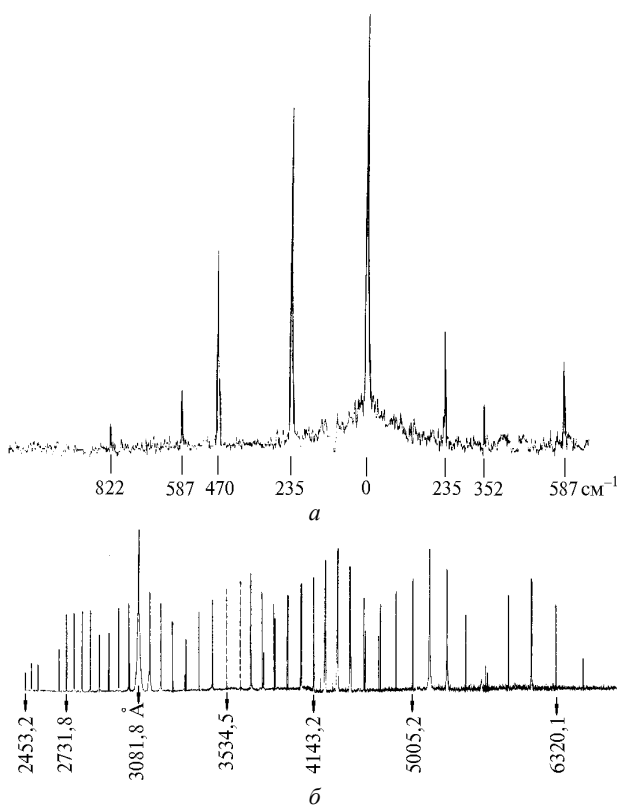


Рис. 3. Денситограммы спектра преобразованного излучения при линейной (*a*) и циркулярной (*b*) поляризации накачки; *a* – отрезок спектра в области 414 нм, центральная частота – S_2 ($J=1 \rightarrow J=1$); *b* – спектр получен при III режиме накачки и $f=6$ м

При линейной поляризации и максимальной интенсивности накачки преобразованный спектр включал в себя четыре стоксовых и две антистоксовых компоненты ВКР на колебательных переходах (КВКР). Рядом с каждой из стоксовых компонент с коротковолновой (для антистоксовых компонент с длинноволновой) стороны на расстоянии $\Delta\Omega = 234,9 \text{ см}^{-1}$ наблюдались интенсивные спутники (рис. 3), обусловленные рассеянием предыдущей компоненты или накачки на молекуле водорода, находящейся в первом возбужденном колебательном состоянии. Несмотря на линейную поляризацию накачки, в данных условиях происходило

также вынужденное рассеяние линий КВКР и их более интенсивных спутников на вращательном переходе $J=1 \rightarrow J=3$ ($\Delta\Omega = 587 \text{ см}^{-1}$). Кроме названных в спектре присутствовали линии, обусловленные параметрическим сложением частот.

С увеличением длины фокусировки интенсивность антистоксовых колебательных компонент уменьшалась, так же как и интенсивность спутников. Так, при $f=4,5$ м для II режима накачки и при $f=6$ м для III режима наблюдались только линии КВКР. Их ширина повторяла ширину линии накачки независимо от того, была последняя широкой или максимально узкой. Такое поведение не всегда характерно для других нелинейных сред [13]. В качестве иллюстрации на рис. 4 представлен фрагмент интерферограммы излучения с $\lambda = 500$ и $\Delta\nu_H = 0,01 \text{ см}^{-1}$. С повышением уровня фона при узкополосной накачке преобразованное излучение имело широкополосную компоненту за счет ее усиления в поле узкополосной и высоконаправленной части накачки. При перестройке частоты накачки в пределах лазерных переходов 0–1, 0–2 осуществлялась соответствующая перестройка частот преобразованного спектра. С превышением f некоторого оптимального значения происходило уменьшение высших стоксовых колебательных компонент.

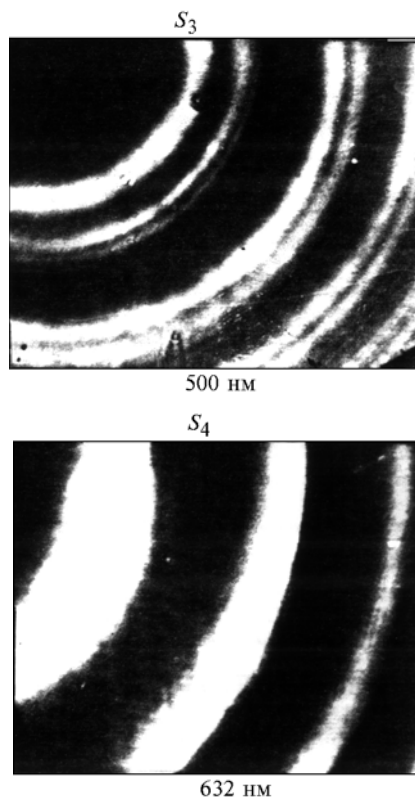


Рис. 4. Фрагменты интерферограмм преобразованного излучения. Область свободной дисперсии – 2,14 ГГц. Для $\lambda = 500$ нм в накачке присутствовали две узкополосные компоненты

Представленная картина по спектральному составу не менялась, если излучение накачки было деполаризовано или имело линейную поляризацию. При циркулярно-поляризованной накачке (возможно, имелась некоторая эллиптичность в поляризации) спектр существенно видоизменялся. Так, при короткой длине фокусировки окружающие линии КВКР спутники исчезали, кроме ли-

ний, обусловленных рассеянием на вращательных переходах (ВВКР). На рис. 5 приведена спектрограмма, на которой одновременно сняты спектры для линейной и циркулярной поляризации накачки при прочих неизменных условиях.

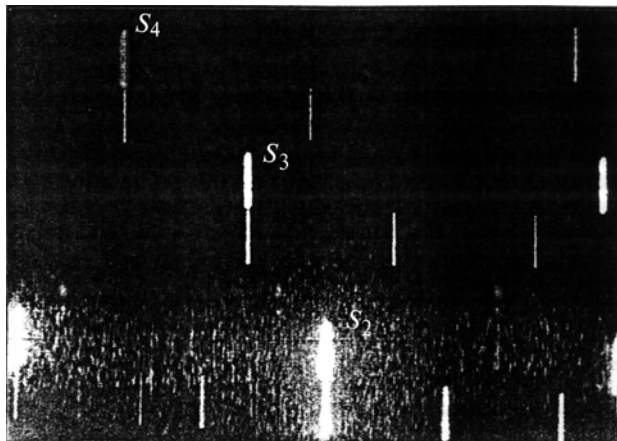


Рис. 5. Спектрограмма преобразованного излучения при линейной и циркулярной поляризации накачки

Максимальное количество линий ВВКР наблюдалось при оптимальных условиях для возникновения высших колебательных стоксов. При этом спектр рассеяния занимал область от УФ до ИК, практически полностью заполненную колебательно-вращательными компонентами (рис. 3, б). К сожалению, используемая в экспериментах пленка РФ-3 имела слабую чувствительность в красном диапазоне и соответственно занижала интенсивность излучения с $\lambda > 600$ нм. Рядом с наиболее сильными стоксовыми линиями перехода $J = 1 \rightarrow J = 3$ (область 414 нм) наблюдались линии на переходе $J = 0 \rightarrow J = 2$ ($\Delta\Omega = 354,4$ см⁻¹).

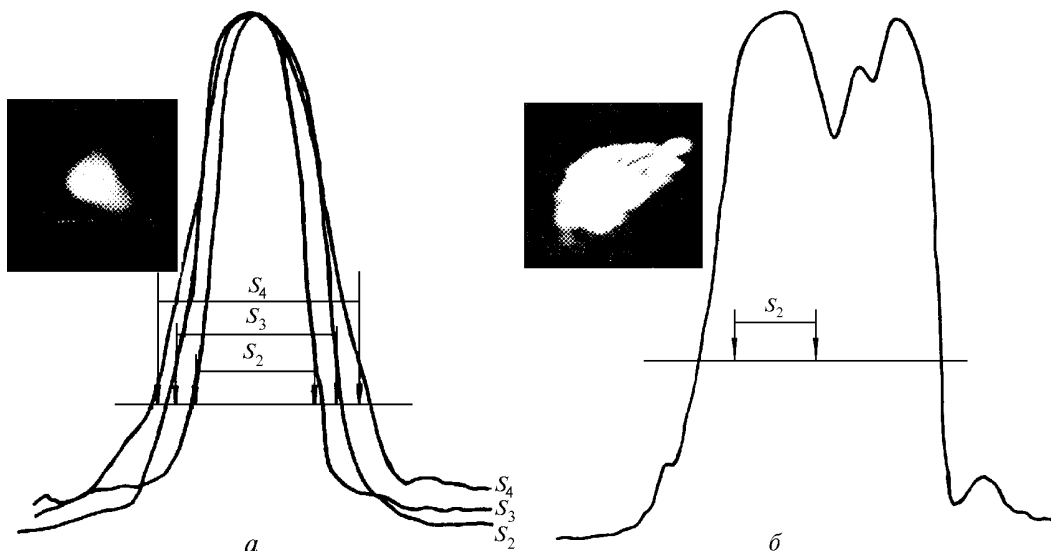


Рис. 7. Денситограммы фокальных пятен излучения S_2 , S_3 , S_4 при давлении водорода 4 (а) и 8 (б) атм. Нижняя прямая задает уровень второго максимума в картине Эри, стрелочками указан размер первого минимума

Увеличение γ приводит к уменьшению влияния параметрических процессов. С этой целью фокусировка излучения в кювету с водородом производилась двух-

3.3. Пространственные и временные характеристики

Как уже отмечалось ранее, соотношение между процессами ВКР и ЧПВ определяется параметром γ , величина которого может быть различной в зависимости от геометрии фокусировки излучения накачки, ее расходимости, давления водорода. Пространственное распределение преобразованного излучения в наших условиях зависело от того, какой из вышеназванных процессов преобладает.

Были сделаны фотографии спектрально разделенных пятен излучения колебательных компонент при длине фокусировки $f = 4,5$ м, $\tau = 120$ нс и давлении $p = 4$ атм (рис. 6). Для пятен высших стоксов характерно наличие ярко выраженного центрального ядра и колец различного диаметра. Как следует из рис. 7, а, расходимость части излучения, содержащейся в центральном ядре, близка к дифракционному пределу для всех трех высших стоксов S_2 , S_3 , S_4 . С увеличением давления водорода или повышением интенсивности накачки при той же длине фокусировки центральное ядро становилось менее выраженным и неоднородным, его расходимость существенно возрастала (рис. 7, б).

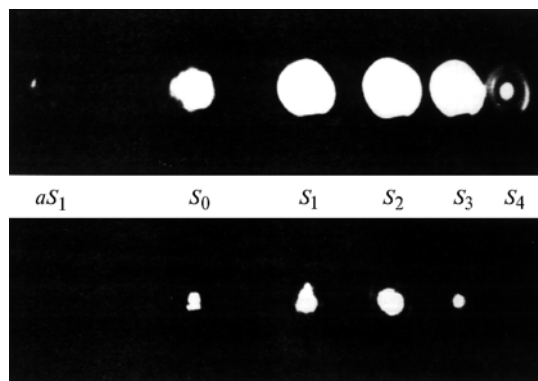


Рис. 6. Фотографии спектрально разделенных пятен излучения на выходе из кюветы с водородом при различном ослаблении

компонентной оптической системой с малой числовой апертурой. В данном случае пучок накачки был близок к коллимированному: в начале и конце кюветы его диа-

метр составлял 2 мм, в середине – 1 мм. В этой геометрии для режимов накачки II и III, давлении водорода 8 атм на выходе кюветы наблюдалось только излучение накачки и первого колебательного стока, причем соотношение между их энергиями было следующим: при $\tau = 120$ нс соответственно 9 и 8 мДж, при $\tau = 20$ нс – 2,5 и 12,5 мДж (минимальная расходимость накачки). Несмотря на значительную перекачку энергии из накачки в S_1 , в обоих

случаях дальнейшего каскадного преобразования не наблюдалось. Заметим, что порог появления S_1 при длинном импульсе составлял всего 2 мДж (энергия накачки, содержащаяся в дифракционном керне). Причина такого поведения состояла в существенном увеличении расходимости излучения S_1 . Результаты ее измерения при коротком импульсе накачки представлены на рис. 8, а.

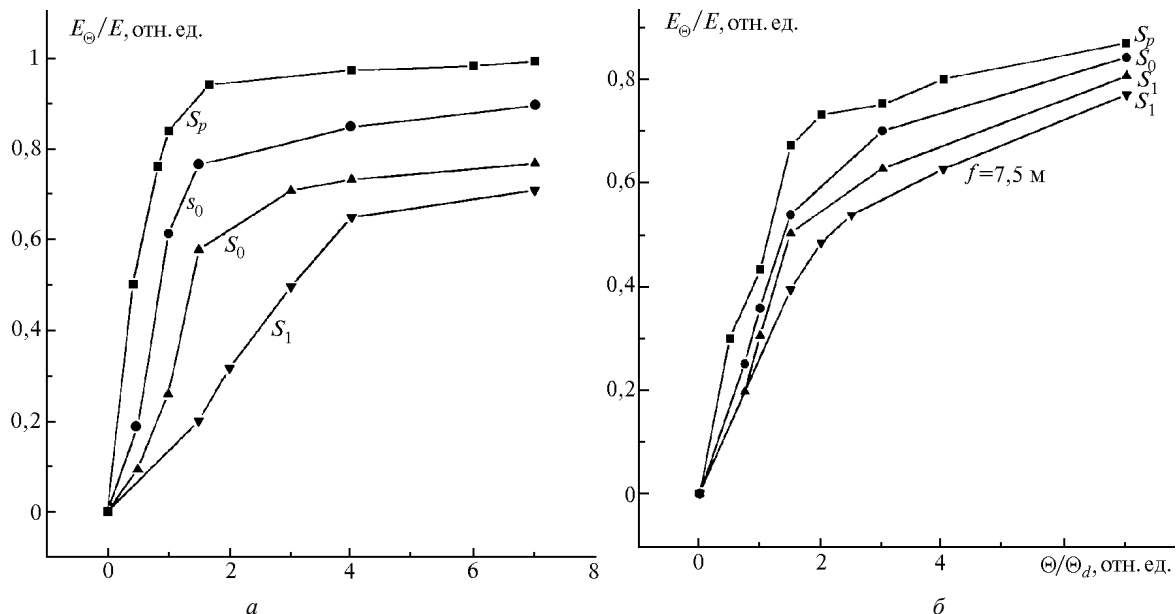


Рис. 8. Угловое распределение падающего (S_p) и прошедшего (S_0, s_0) излучения накачки, первого колебательного стока (S_1) при коротком (а) и длинном (б) импульсе. Давление водорода $p = 8$ атм; s_0 – накачка ниже порога ВКР

Кроме увеличения расходимости S_1 , как видно из данного рисунка, наблюдалось увеличение расходимости и прошедшего излучения накачки S_0 , с одной стороны, из-за эффекта «выедания» качественного излучения, а с другой стороны, из-за появления некоторого рассеянного фона. При уменьшении интенсивности накачки ниже порогового значения для появления S_1 расходимость прошедшего УФ-излучения (кривая S_0) приближалась к расходимости накачки. Расходимость S_1 и S_0 уменьшалась также и с изменением длительности импульса накачки с 20 на 120 нс (рис. 8, б). С повышением интенсивности накачки в последнем случае расходимость S_1 также возрастала (нижняя кривая на рис. 8, б). Для выяснения вопроса о том, чем в первую очередь определяется расходимость S_0 и S_1 , была проведена серия экспериментов с дополнительной пространственной селекцией излучения, входящего в кювету (рис. 9).

На рис. 10 даны фотографии фокальных пятен S_0 и S_1 при разной степени ограничения пучка накачки, из которого следует, что расходимость S_1 зависит, прежде всего, не от степени диафрагмирования излучения накачки, а от ее интенсивности. Так, вблизи порога появления S_1 его расходимость близка к дифракционной, с повышением же мощности накачки при той же входной диафрагме пятно S_1 увеличивается в размере и становится неоднородным. Уменьшение давления водорода в данной геометрии фокусировки с 8 до 3 атм было примерно эквивалентно уменьшению интенсивности накачки.

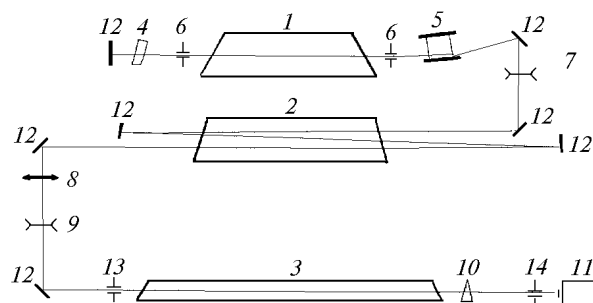


Рис. 9. Оптическая схема эксперимента с дополнительной пространственной фильтрацией излучения накачки: 1 – задающий генератор; 2 – усилитель; 3 – кювета с водородом; 4 – твердотельный эталон Фабри–Перо; 5 – дифракционные решетки; 6, 13, 14 – диафрагмы; 7, 8, 9 – линзы с $f = -80, 55, -20$ см соответственно; 10 – кварцевый клин; 11 – ИМО-2Н; 12 – зеркала полного отражения

На рис. 11 представлена временная зависимость интенсивности стоксовых колебательных компонент при коротком и длинном импульсах накачки. Характерным является наличие резких колебаний интенсивности стоков и прошедшего излучения накачки, несмотря на относительно гладкий профиль импульса падающего на кювету излучения. Кроме того, при коротком импульсе наблюдался существенный сдвиг между максимумами интенсивности накачки и стоков.

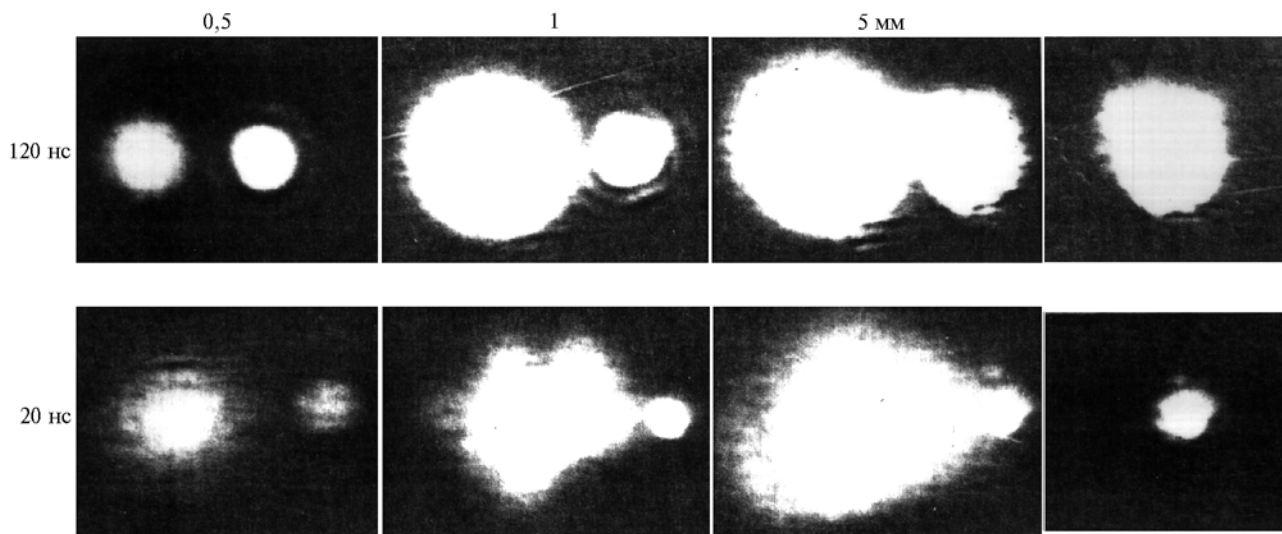


Рис. 10. Фотографии пятен излучения накачки (справа) и S_1 при разных диаметрах диафрагмы l_3 (указаны сверху) и длительности импульса. Крайние правые фотографии – пятна излучения накачки без диафрагмы и без кюветы с водородом

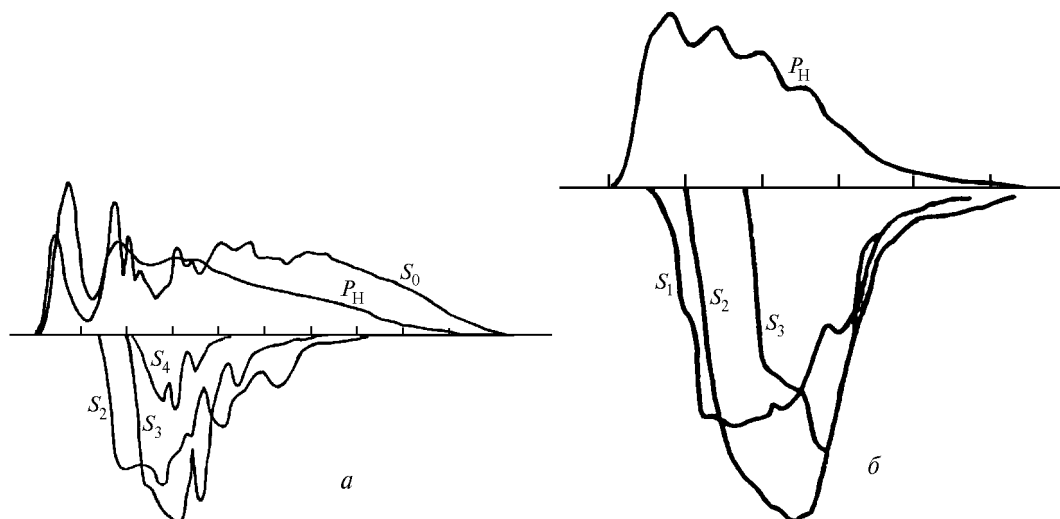


Рис. 11. Осциллограммы импульсов излучения накачки (слева) и стоксовых колебательных компонент в режимах II (а) и III (б). Цена деления составляет 20 (а) и 10 нс (б)

4. Обсуждение

Известно, что эффективность комбинационно-параметрического преобразования во многом зависит от величины инкремента усиления $G = I_{\text{нг}}l$ (l – длина взаимодействия). При фокусировке одномодового излучения в нелинейную среду инкремент G не зависит от фокусного расстояния и равен $2\pi g P_{\text{H}}/\lambda_{\text{H}}$ (P_{H} – мощность накачки). Как видно из последнего выражения, рост инкремента возможен только с увеличением мощности накачки. Вместе с тем для эффективного преобразования необходимо, чтобы число рабочих частиц в объеме взаимодействия было, по крайней мере, не меньше числа фотонов в пучке накачки. Это означает, что при малых давлениях водорода (2–5 атм), которые необходимы для достижения максимального значения g и минимальной ширины линии рассеянного излучения, эффективное преобразование возможно лишь при большой длине фокусировки.

Из условия насыщения по числу частиц в объеме взаимодействия с учетом размеров перетяжки для одномодового пучка вытекает следующее неравенство:

$$(f/D)^4 \geq A P_{\text{H}} \tau / p \lambda_{\text{H}}^2, \quad (1)$$

где A – постоянная величина; D – начальный диаметр пучка накачки; p – давление рабочей среды. Как видно, выполнение данного неравенства существенно зависит от отношения f/D или числовой апертуры фокусирующей системы, которая обратно пропорциональна данному отношению. В наших условиях при давлении 3 атм условие (1) означает, что фокусное расстояние f должно быть не менее 3 м.

Исходя из вышесказанного, большое число колебательно-вращательных компонент, зарегистрированных в эксперименте, на наш взгляд, обусловлено тремя факторами: малой расходимостью накачки, низкими давлениями водорода, малой числовой апертурой фокусирующей системы. Высокая пространственная когерентность излуче-

ния накачки и низкое давление водорода позволяют иметь параметр γ , который близок к оптимальному для усиления осевых стоксовых компонент на колебательных переходах. Для вращательных компонент из-за меньшей дисперсии γ близка к нулю и потому высока эффективность параметрического появления стокс-антистоксовых линий ВВКР [1]. Кроме того, сильная взаимозависимость между колебательными компонентами ВКР одновременно связывает и вращательные компоненты по схеме, изображенной на рис. 12. Таким образом, даже при сравнительно невысокой интенсивности какого-либо колебательного стока ($J = 1 \rightarrow J = 1$) вокруг него возможен рост интенсивности излучения на переходах $J = 1 \leftrightarrow J = 3$.

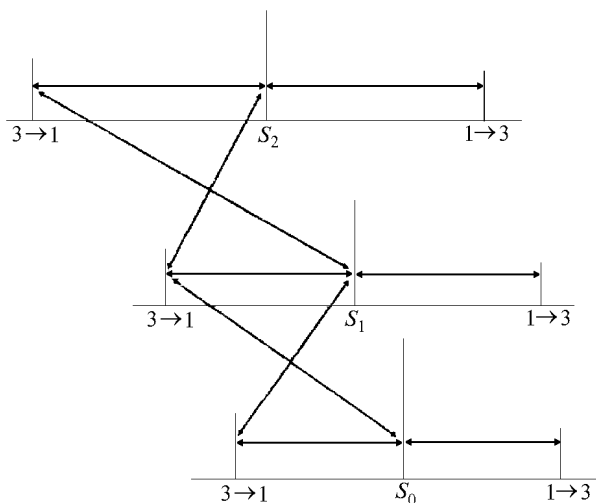


Рис. 12. Схема усиления линий ВВКР при параметрическом взаимодействии

Эксперименты при пучке накачки, близком к коллимированному, показали уменьшение эффективности преобразования в высшие колебательные стоки. При этом в I режиме работы лазерной системы из-за большой расходимости накачки, как можно видеть из рис. 2, б, сохраняются условия параметрического появления высших стоков. При минимальной расходимости накачки (режимы II и III) наблюдается чисто комбинационное преобразование. Однако в этом случае расходимость преобразованного излучения существенным образом зависит от превышения интенсивности накачки порогового значения ВКР. Так, при длинном импульсе накачки, когда превышение составляет 1,5–2, расходимость S_1 близка к геометрической, задаваемой каустикой перетяжки. При большей интенсивности (короткий импульс) расходимость превышает геометрическую в 2–3 раза. Такое поведение в первую очередь связано со стохастической природой возникновения вынужденного рассеяния [15, 16]. Это подтверждает и временная зависимость компонент ВКР (см. рис. 11), на которой присутствуют резкие колебания интенсивности.

5. Заключение

Таким образом, при одночастотной накачке водорода высококогерентным излучением ХеСl-лазера в процессе комбинационно-параметрического преобразования получено большое количество колебательно-вращательных линий (около 70). Вынужденное излучение на колебательных переходах обладает высокой степенью пространственной и временной когерентности ($\Delta\nu = 0,01 \text{ см}^{-1}$). И первое, и второе стало возможным за счет использования малых давлений водорода в условиях, когда наблюдается столкновительное сужение Дике.

Для режима генератора высокую эффективность преобразования в высшие стоки и их расходимость, близкую к расходимости накачки, можно реализовать лишь в процессе параметрического взаимодействия при условии захвата фаз. В случае, когда это взаимодействие исключено и реализуется только процесс ВКР, его каскадный механизм нарушается из-за роста расходимости преобразованного излучения в поле сильной накачки.

Авторы благодарят Ю.Н. Панченко за помощь при создании лазерных систем, формирующих излучение накачки.

1. Лосев Л.Л., Луценко А.П. // Квантовая электроника. 1993. Т. 20. N 11. С. 1054–1062.
2. Totaro I., Seiichi Y., Shuichi K., and Nobuhiko I. // Appl. Opt. 1993. V. 32. N 33. P. 6633–6636.
3. Кравцов Н.В., Наумкин Н.И. // Вестн. Моск. ун-та. Физика. Астрономия. 1995. Т. 36. N 5. С. 84–87.
4. Морозов В.Б., Оленин А.Н., Тункин В.Г. // Квантовая электроника. 1998. Т. 25. N 4. С. 293–294.
5. Hiroyuki K., Yasuyuki H., Totaro I. // IEEE J. QE. 1998. V. 34. N 2. P. 260–268.
6. Венкин Г.В., Крочик Г.М., Кулюк Л.Л., Малеев Д.И., Хронопуло Ю.Г. // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 1976. Т. 70. Вып. 5. С. 1674–1685.
7. Newton J.H. and Shindler G.M. // Opt. Lett. 1981. V. 6. N 6. P. 125–129.
8. Баранов В.Ю., Борисов В.М., Виноходов А.Ю. // Квантовая электроника. 1985. Т. 12. N 8. С. 1641–1649.
9. Мельченко С.В., Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф. // Квантовая электроника. 1986. Т. 13. N 7. С. 1496–1500.
10. Perrone M.R., Piccino V., Nunzino G.De., and Nassasi V. // IEEE J. QE. 1997. V. 33. N 6. P. 938–944.
11. Боханов А.Ф., Бураков В.С., Грабчиков А.С., Неделько М.И., Орлович В.А. // Журнал прикладной спектроскопии. 1998. V 65. N 1. С. 67–74.
12. Bychkov Yu.I., Ivanov N.G., Kovalenko S.E., Losev V.F., Panchenko Yu.N., and Prokop'ev V.E. // J. of Russian Laser Research. 1994. V. 15. P. 18–21.
13. Ivanov N.G., Kovalenko S.E., Losev V.F., Panchenko Yu.N., and Prokop'ev V.E. // J. of Russian Laser Research. 1996. V. 17. P. 401–405.
14. Старунов В.С., Фабелинский И.Л. // УФН. 1969. Т. 98. N 3. С. 441–477.
15. Беспалов В.И., Пасманик Г.А. Нелинейная оптика и адаптивные лазерные системы. М.: Наука, 1986. 134 с.
16. Зельдович Б.Я., Пилипецкий Н.Ф., Шкунов В.В. Обращение волнового фронта. М.: Наука, 1985. 247 с.

N.G. Ivanov, V.F. Losev, V.E. Prokop'ev. Conversion of High-coherent Radiation of XeCl-laser at SRS in Gaseous Hydrogen.

The experimental results of conversion in hydrogen of XeCl-laser high-coherent radiation are described. About 70 vibrational and rotational components was obtained using the circularly polarized pumped beam. It was shown that the axis vibrational components have high spatial and temporal coherence in conditions of phase locking at four-wave mixing processes. A quantum efficiency of the first vibrational Stokes was 95% in case of only Raman conversion.